

## Varga Andrea: Geokémia olvasóleckék 10. olvasólecke

### Ásványkémia

Az olvasólecke célja: a lokális kémiai összetétel meghatározási lehetőségeinek, korlátainak és gyakori alkalmazási területeinek (valós képlet megadása, petrogenetikai információk) bemutatása (a feldolgozáshoz szükséges idő kb. 20 perc)

### Az ásványkémia kapcsolata a fő- és nyomelem-geokémiával

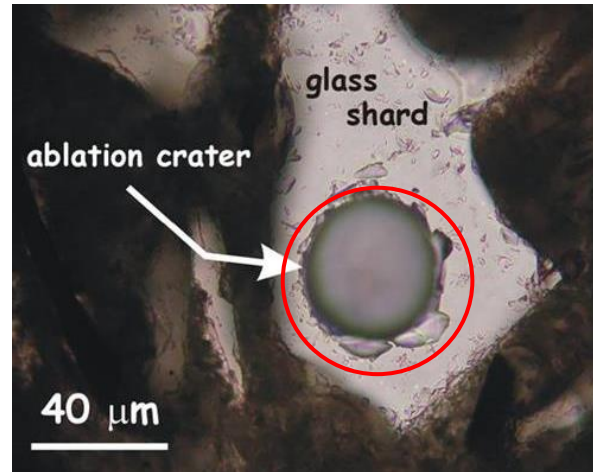
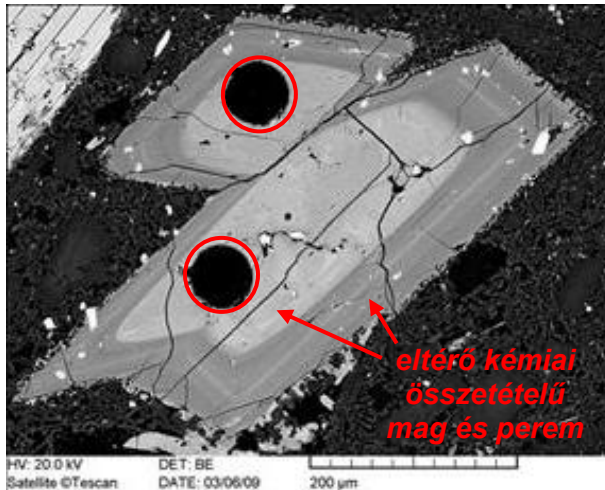
Az előző olvasóleckékben a geokémiai adat forrása a teljes kőzetből (mintából) meghatározott kémiai összetétel volt („*bulk rock geochemistry*” vagy „*whole rock geochemistry*”). Ez azt jelentette, hogy a kiválasztott vizsgálandó mintát – porítva vagy feloldva – elemezték meg, a kémiai adat így a teljes mintára vonatkozott (benne az összes ásvánnyal, amorf fázissal és zárvánnyal). Az ásványkémia ettől annyiban tér el, hogy nem a teljes mintát elemzik, hanem kiválasztott egyedi ásványszemcséket (vagy egyéb alkotókat, pl. üveges alapanyagot, piroklasztitokban vulkáni üvegszilánkot) elemeznek valamilyen speciális (általában mikroszkóppal vagy kamerával kiegészített) műszerrel. A kémiai elemzésre leggyakrabban elektronsugaras mikroanalízist („mikroszonda”, EMPA) vagy lézerablációs induktív csatolású plazma tömegspektrometriát (LA-ICP-MS) alkalmaznak. A geokémiai adat ennek megfelelően nem a teljes mintára, hanem annak csak egy kis részére, a pontszerűen elemzett fázisra vonatkozik. A **lokális (helyi, *in situ*) összetétel** segítségével lehetőség nyílik arra, hogy az ásvány elméleti (ideális) összegképlete helyett – a helyettesítéseket figyelembe véve – a **valós vagy reális összetételi képletet** adjuk meg (pl. *kationszámok számolása, megoszlási együttható meghatározása*). Az ásványkémiai adatsorból szintén értelmezni lehet a főelemek és a nyomelemek mennyiségi viszonyait, a kapcsolatok és az összefüggések megvilágítására széles körben elterjedt a grafikus ábrázolás. Az adatértelmezés fontos eszközei a gyakori ásványokra (pl. plagioklász, piroxén) kidolgozott diszkriminációs (variációs) diagramok, továbbá a sokelemes normalizált (pl. kondrit, PM) diagramok.

A pontelemzéses eljárásoknál egy néhány (~30–100) mikrométer átmérőjű terület választható ki elemzésre (pl. egy ásvány központi magja vagy peremi része, továbbnövekedési szegélye). Egymást követő pontelemzésekkel pedig a kémiai összetétel vonalmenti változása (pl. az ásvány magjától a pereme felé zónás kristályban) is megadható.

A széles körben elterjedt és a lokális kémiai összetétel meghatározására alkalmas geoanalitikai módszerekről rövid ismertetés itt található:

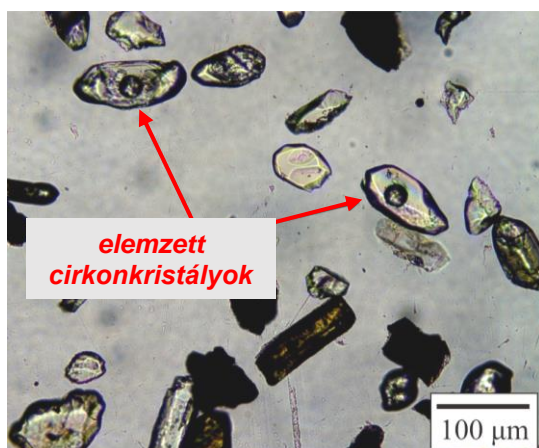
[https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0073\\_magmas\\_kozetek/ch04.html](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0073_magmas_kozetek/ch04.html)

Az elemzés során a kiválasztott parányi mintatérfogatot fókuszált elektronsugárral gerjesztik (pl. mikroszonda: EMPA) vagy lézersugárral párologtatják el (pl. LA-ICP-MS) a kémiai összetétel meghatározása érdekében. Ehhez a mintából általában polírozott felületű kőzettani csiszolatot használnak.



**Ablációs kráterek** (a lézerrel elpárologtatott szilárd rész nyoma) összetételi zónás ásványban (amfibol magjában, balra) és vulkáni üvegszilánkban (jobbra). Itt megtalálható: [https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0073\\_magmas\\_kozetek/ch04.html#id571444](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0073_magmas_kozetek/ch04.html#id571444)

A lokális kémiai összetétel meghatározása izotóp-szintű felbontásban (pl. LA-ICP-MS technikával) teremtette meg a pontos **korhatározás** lehetőségét.



Ablációs kráterek löszből korhatározáshoz szeparált cirkonkristályokban

## Az ásvány lokális kémiai összetétele: a valós képlet meghatározása

Az ásványok (pl. olivin, piroxén, plagioklász) pontos kémiai képletének megadásához a lokális összetételi adatot leggyakrabban elektronsugaras mikroanalízissel (mikroszonda) határozzák meg. Ennek általános jellemzője, hogy a kémiai komponenseket oxidos formában és tömeg%-ban adják meg, a vas csak összes vasként mérhető (megadása FeO formában terjedt el), továbbá a víztartalom (H<sub>2</sub>O, -OH) nem mérhető. Ahhoz, hogy az összetételi adatokból megismerjük a vizsgált ásvány pontos, az elemhelyettesítéseket is tükröző kémiai képletét (úgynevezett **formulaszámítás**), az oxidos összetételi adatokat át kell alakítani **kationszámokká**. Ennek során a tömeg%-os adatokat először moláris mennyiségekké (oxid-mólarány) kell átszámolni, majd figyelembe véve az adott ásvány ideális képletében szereplő oxigén mennyiségét (elméleti oxigénszám), a kation-mólarányokat át kell számolni, majd szétosztani a kristálytani helyeknek megfelelően (pl. piroxén, diopszid elméleti képlete: M<sub>2</sub>M<sub>1</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub>; CaMgSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>, tetraéderes hely: Si, M<sub>1</sub> és M<sub>2</sub> oktaéderes helyek: Mg és Ca).

A számolás menetének részletezése itt megtalálható:

[https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0073\\_magmas\\_kozetek/ch04s04.html](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0073_magmas_kozetek/ch04s04.html)

## Az ásványkémiai adatok további alkalmazási lehetőségei

A főelemek és a nyomelemek teljes kőzetből (mintából) meghatározott összetételi adataihoz hasonlóan a lokális kémiai összetételre épülő adatértelmezésben is fontos szerepet kap a szakterületre jellemző diagramokon (variációs és normált sokelemes) történő ábrázolás, illetve a referencia adatsorokkal (pl. kondrit, PM) történő összehasonlítás. **Egy adott ásvány eltérő kémiai összetétele eltérő genetikát jelezhet**, ezért számos esetben **petrogenetikai értelmezéshez** alkalmazhatók (pl. piroxén diszkriminációs diagramok a magmás geokémiában: alkáli vagy nem alkáli, orogén vagy nem orogén, mészalkáli vagy tholeiites, nagy nyomású vagy alacsony nyomású eredet elkülönítése; nyomás és/vagy hőmérsékleti viszonyok meghatározása a metamorf geokémiában).

## Önellenőrző kérdések (ásványkémia):

1. Mi a különbség a teljes kőzet geokémiai és az ásványkémiai megközelítésben a fő- és nyomelemek koncentrációjának meghatározása során?
2. Milyen átlagos mintatérfogatról (relatív skálán) hordoz információt az ásványkémiai adat?
3. Mi a különbség egy ásvány ideális és valós képlete között? Hogyan adható meg a valós képlet?
4. Milyen gyakori alkalmazási területei vannak az ásványkémiai adatnak a geokémiában?
5. Az ásványkémiai adatok geokémiai értelmezésben milyen diagramok hívhatók segítségül?

## Felhasznált és ajánlott irodalom:

Harangi Sz., Szakmány Gy., Józsa S., Lukács R., Sági T. (2013): Magmás kőzetek és folyamatok – gyakorlati ismeretek magmás kőzetek vizsgálatához, Eötvös Loránd Tudományegyetem, ISBN 978-963-284-478-7  
[https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0073\\_magmas\\_kozetek/ch04s02.html](https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011-0073_magmas_kozetek/ch04s02.html)

Rollinson, H. (1993): Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation, Longman Group UK Ltd

Újvári, G., Varga, A., Ramos, F. C., Kovács, J., Németh, T., Stevens, T. (2012): Evaluating the use of clay mineralogy, Sr-Nd isotopes and zircon U-Pb ages in tracking dust provenance: An example from loess of the Carpathian Basin, Chemical Geology 304–305, 83–96.

**Melléklet: gyakori ásványok ideális képlete**

(SZTE Ásványtan kurzus tematikája alapján, tantárgyfelelős: Dr. Pál-Molnár Elemér)

Osztály	Csoport	Sorozat vagy Csoport/alcsoport	Ásványfaj	Összegképlet
Szilikátok (Tekto-szilikátok)	Kvarc csoport	Kvarc csoport	<b>Kvarc</b>	$\text{SiO}_2$
		$\text{SiO}_2$ H <sub>2</sub> O-val	Opál	$\text{SiO}_2 \cdot n(\text{H}_2\text{O})$
	Földpátok	<b>Kálföldpátok</b>	<b>Ortoklász</b>	<b>KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub></b>
		<b>Plagioklász</b>	<b>Albit</b> <b>Anortit</b>	<b>NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub></b> <b>CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub></b>
	Zeolitok		Na-, Ca- és H <sub>2</sub> O-tartalmú aluminoszilikátok	
Szilikátok (Fillo-szilikátok)	TO szerkezetek (1:1)	<b>Kaolinit</b> csoport	Kaolinit	$\text{Al}_4\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$
		Muszkovit alcsoport	<b>Muszkovit</b>	$\text{KAl}_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
	TOT szerkezetek (2:1)	Biotit alcsoport	<b>Biotit</b>	$\text{K}(\text{Fe}, \text{Mg})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$
		„Hidrocsillámok”	<b>Illit</b>	<b>K- és H<sub>2</sub>O-tartalmú aluminoszilikát</b>
	TOT+O szerkezetek (2:1)	Klorit csoport	<b>Klorit</b>	
	<b>Szmektit</b> csoport	Montmorillonit	Na-, Ca-, Mg- és H <sub>2</sub> O-tartalmú aluminoszilikát	
Szilikátok (Ino-szilikátok)	Piroxén csoport	Mg-Fe piroxének	Ensztatit Feroszilit	$\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6$
		Ca piroxének	Diopszid Hedenbergit	$\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$
		Na piroxének	Jadeit Egirin	$\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ $\text{NaFe}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_6$
	<b>Amfibol</b> csoport	Ca amfibolok	Tremolit Aktinolit Hornblende	Ca-, Fe- és Mg-tartalmú aluminoszilikátok OH-csoporttal

Osztály	Csoport	Sorozat vagy Csoport/alcsoport	Ásványfaj	Összegképlet
<b>Szilikátok (Neoszilikátok)</b>	<b>Olivin</b> csoport		<b>Forsterit</b> <b>Fayalit</b>	<b>Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub></b> <b>Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub></b>
	<b>Gránát</b> csoport	Piralspit sor	Pirop Almandin Spessartin	Mg <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
		Ugrandit sor	Uvarovit Grosszulár Andradit	Ca <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
	Alumoszilikát csoport		Andaluzit Kianit Sillimanit	Al <sub>2</sub> OSiO <sub>4</sub> Al <sub>2</sub> OSiO <sub>4</sub> Al <sub>2</sub> OSiO <sub>4</sub>
	Egyéb		<b>Cirkon</b>	<b>ZrSiO<sub>4</sub></b>
<b>Termés-elemek</b>	Fémes elemek		<b>Arany</b> <b>Ezüst</b> <b>Réz</b>	<b>Au</b> <b>Ag</b> <b>Cu</b>
	Nemfémes elemek		<b>Gyémánt</b> <b>Grafit</b> <b>Kén</b>	<b>C</b> <b>C</b> <b>S</b>
Szulfidok és rokon vegyületek	<b>Szulfidok</b>		<b>Kalkopirit</b> <b>Szفالerit</b> <b>Galenit</b> <b>Pirit</b>	<b>CuFeS<sub>2</sub></b> <b>ZnS</b> <b>PbS</b> <b>FeS</b>
Oxidok és Hidroxidok	<b>Oxidok</b>	X <sub>2</sub> O csoport	<b>Jég</b>	<b>H<sub>2</sub>O</b>
		X <sub>2</sub> O <sub>3</sub> csoport	<b>Hematit</b> Ilmenit	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> FeTiO <sub>3</sub>
		XO <sub>2</sub> csoport	<b>Rutil</b> Uraninit	<b>TiO<sub>2</sub></b> (U,Th)O <sub>2</sub>
		XY <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	<b>Magnetit</b> Kromit Spinel	FeFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> FeCr <sub>2</sub> O <sub>4</sub> MgAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>
	<b>Hidroxidok</b>	<b>Limonit</b> ásványok	Goethit	<b>FeO(OH)</b>
		<b>Bauxit</b> ásványok	<b>Gibbsit</b> Boehmit Diaspor	<b>Al(OH)<sub>3</sub></b> AlO(OH) AlO(OH)

Osztály	Csoport	Sorozat vagy Csoport/alcsoport	Ásványfaj	Összegképlet
Halogenidek	<b>Kloridok</b>		<b>Halit</b> Szilvin	<b>NaCl</b> KCl
Karbonátok, Borátok, Nitrátok	<b>Karbonátok</b>	Kalcit csoport	<b>Kalcit</b> Magnezit Sziderit Rodokrozit	<b>CaCO<sub>3</sub></b> MgCO <sub>3</sub> FeCO <sub>3</sub> MnCO <sub>3</sub>
		Dolomit csoport	<b>Dolomit</b>	<b>CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>
		Aragonit csoport	<b>Aragonit</b>	<b>CaCO<sub>3</sub></b>
Szulfátok, kromátok, volframátok, molibdátok	<b>Szulfátok</b>	Vízmentes szulfátok	<b>Anhidrit</b>	<b>CaSO<sub>4</sub></b>
		Víztartalmú szulfátok	<b>Gipsz</b>	<b>CaSO<sub>4</sub>•2H<sub>2</sub>O</b>
Foszfátok, arzenátok, vanadátok	<b>Foszfátok</b>	Vízmentes foszfátok	Monacit <b>Apatit</b>	(Ce, La, Nd, Th)PO <sub>4</sub> Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (F, Cl, OH)